

Wilde Wasser zähmt der Wald

1. Regenmassen und die Folgen

„Jahrhundertflut überrollt Oberbayern“ oder „Bayern versinkt in der Sintflut“! So lauteten die Schlagzeilen in den Zeitungen, als am Pfingstwochenende des Jahres 1999 Tief „Quartus“ in Oberbayern und im Allgäu zu einem enormen Dauerregen führte. Über 170 Liter Regenwasser fielen innerhalb von 24 Stunden auf einen Quadratmeter Boden, was etwa einer Badewannenfüllung entspricht. Flüsse und Bäche konnten die enormen Wassermassen nicht mehr aufnehmen und traten über die Ufer. Die Folgen waren verheerend: Einzelne Orte wie z.B. Eschenlohe, Garmisch-Partenkirchen und Immenstadt waren zeitweise von der Außenwelt abgeschnitten; in fast 2000 Häusern stand das Wasser nicht nur im Keller, sondern auch im Erdgeschoß. Straßen und Bahnstrecken wurden durch Hochwasser und Murenabgänge unpassierbar gemacht, mehrere Menschen kamen in den Fluten ums Leben. Immer wieder machen Hochwässer Schlagzeilen; immer wieder überfluten große Flüsse wie

Während des Pfingsthochwassers 1999 konnte die Loisach die enormen Mengen an Regen- und Schmelzwasser nicht mehr fassen: Der Ort Eschenlohe bei Garmisch-Partenkirchen stand unter Wasser
Photo:
Wasserwirtschaftsamt Weilheim

Oder, Rhein und Donau oder alpine Wildbäche große Teile ihres Umlandes und führen zu Personen- und Sachschäden.

Entscheidend für die Hochwasserbildung ist zum einen, welcher Anteil der Regenniederschläge direkt auf der Bodenoberfläche rasch

Hochwasserregen:

Zwei Formen von Regen sind für die Entstehung von Hochwasser von besonderer Bedeutung:

Dauerregen

- Tagelanger, großflächiger Dauerregen wirkt sich vor allem auf das Hochwasser der großen Flüsse aus;
- Bei Regenmengen von 15 bis 30 l/qm in 24 Stunden wächst dort die Gefahr eines Hochwassers

Kurzzeitige, kräftige Regengüsse

- Kurzzeitige kräftige Regengüsse, meist von Gewittern begleitet, lassen Bäche mit kleinen Einzugsgebieten anschwellen.
- Niederschläge bis zu 100 l/qm können dabei regelrechte Sturzfluten auslösen



Geländemulden speichern bei Starkregen das Regenwasser und helfen so Hochwasser zu vermindern
Foto: R. Mößmer



in Bäche und Flüsse hinein abfließt und zum anderen, welcher Prozentsatz von der Landoberfläche z. B. von Talauen, Geländemulden, Wiesen, Mooren und Wäldern aufgenommen und zwischengespeichert werden kann.

2. Wald – natürlicher Schutz vor Hochwasser und Erosion

Der Weg des Wassers durch den Wald

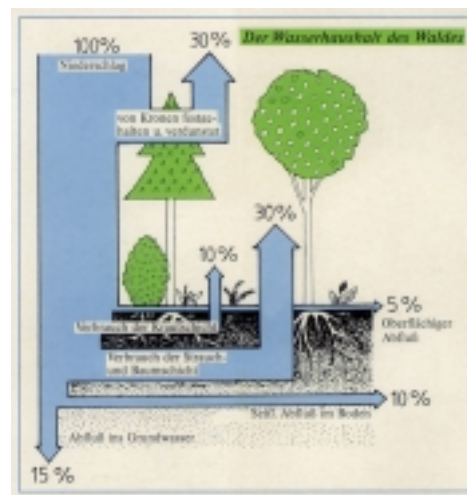
Folgen wir dem Weg des Regenwassers durch den Wald, dann stellen wir fest, daß nicht aller Niederschlag auf den Waldboden gelangt; ein Teil bleibt an den Oberflächen der Blätter und Nadeln der Bäume hängen und verdunstet von dort wieder nach dem Ende des Regens.

Dieser sog. *Interzeptionsverlust* ist erstaunlich hoch: etwa 30 % des gesamten Jahresniederschlags werden von den Bäumen unverzüglich in Wasserdampf zurückverwandelt und an die Atmosphäre zurückgegeben.

Der Wald und jeder einzelne seiner Bäume braucht auch Wasser zum Leben. Aus dem Waldboden nehmen die Wurzeln das Wasser auf und leiten es über Transportsysteme zu den Blättern. Aus diesen wird es dann durch Sonnenenergie verdampft und über die Spaltöffnungen an die Luft abgegeben. Dieser Vorgang heißt *Transpiration*. Über 50.000 Liter Wasser, das sind über 600 volle Badewannen, kann ein

Hektar Buchenwald an einem Sommertag verdunsten. Nimmt man die gesamten Verdunstungsprozesse eines Waldgebiets zusammen, dann werden etwa 70 % des Regen-, Schnee- und Nebelniederschlags über Nadeln und Blätter wieder an die Atmosphäre zurückgegeben. Der Rest des Niederschlags versickert im Boden und speist Quellen und Grundwasser.

Waldgebiete verringern die Hochwassergefahr durch Verdunstung: das meiste Wasser kehrt schnell dahin zurück woher es kam: als Wasserdampf in die Luft



Der Waldboden, ein Wasserspeicher

Eine besonders wichtige Rolle spielt der Waldboden für die Wasserspeicherleistung des Waldes. Die vielen kleinen und großen Baumwurzeln lockern den Boden. Auch die Tätigkeit der Bodentiere trägt dazu bei, daß ein weit verzweigtes Hohlraumsystem entsteht, welches auch starke Gewitterregen aufnehmen kann. So können beispielsweise die Wurzeln einer 60-jährigen Buche eine Gesamtlänge von 20 Kilometern erreichen. In diesem Netz von Hohlräumen wird das eindringende Wasser rasch von der Bodenoberfläche in die Tiefe geleitet, so daß weniger Oberflächenwasser direkt in Bäche und Flüsse abfließt.

Entscheidend für die Wasserrückhaltekraft eines Bodens sind neben seiner Durchlässigkeit auch seine Speichereigenschaften.

Die Fähigkeit des Bodens, Wasser über längere Zeit festzuhalten, hängt davon ab, wie tief er entwickelt ist, wie dicht die Bodenteilchen gelagert sind, aus welcher Bodenart er besteht und wie viel Humus er enthält. Am schnellsten nehmen Kiese und Sande mit ihren weiten und vielfach verbundenen Poren Niederschläge auf; allerdings fließt das Wasser aus diesen Böden auch bald wieder Gräben und Bächen zu.

Die **Humusstoffe**, die aus der Zersetzung von organischen Stoffen wie der Laub- und Nadelstreu der Bäume entstanden sind, geben durch ihre dunkle Färbung dem oberen Bereich des Bodens sein charakteristisches Aussehen. In Verbindung mit den Tonmineralen bilden sie in

Große und kleine Baumwurzeln dringen in das Erdreich vor und lockern dadurch den Boden. Auch die Vielzahl von Bodenlebewesen, die sich von Streu, toten Ästen und umgestürzten Bäumen ernähren, schaffen durch ihre intensive Wühlarbeit Hohlräume im Boden.



Saurer Regen und die Folgen für den Wald

Luftschadstoffe, insbesondere Schwefel, Stickoxide und Ammonium versauern den Waldboden.

Die Folgen sind gravierend:

- Die Vorräte wichtiger Nährstoffe im Wurzelraum der Bäume nehmen ab
- Schlecht nährstoffversorgte Waldbäume sind anfälliger gegen Sturmwurf und Borkenkäferfraß
- Ursprünglich fest im Boden eingebaute Aluminium-, Eisen- und Mangan-Ionen lösen sich aus ihren Verbindungen und gelangen als giftige Stoffe in Oberflächengewässer und ins Grundwasser
- Durch den Rückzug der Baumwurzeln aus tieferen Bodenbereichen und die verringerte Tätigkeit der den Boden auflockernden Bodentiere verschlechtert sich in versauerten Böden die Wasserspeicherleistung des Waldes

ABBILDUNG: J. PÜHE

vielen Waldböden ein porenreiches und gut durchlüftetes Bodengefüge, in dem das Wasser rasch versickern kann.

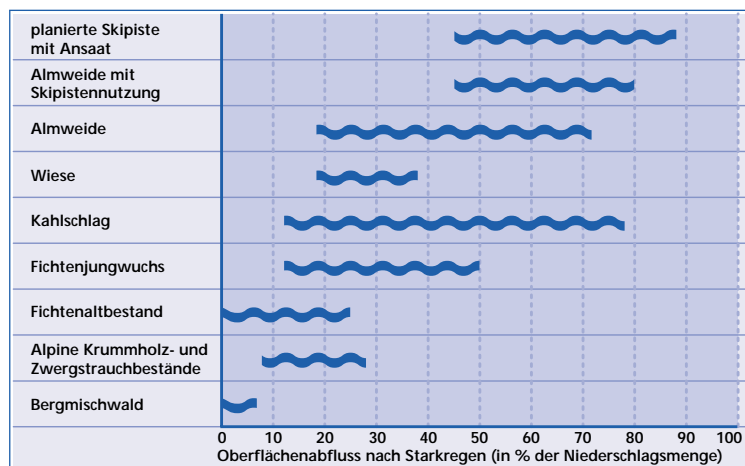
Wie viel Wasser pro Stunde im Boden versickern kann, wird durch die *Infiltrationsrate* angegeben. Am höchsten ist die Infiltration auf ebenem Waldboden; in einer Stunde versickern hier 60–75

Liter/Quadratmeter.
Eine magere Wei-

Künstliche Beregnungsversuche im Gebirge zeigten, daß der verdichtete Boden auf Skipisten und Almweiden viel weniger Wasser aufnehmen kann als der Waldboden: Zum Teil flossen auf den entwaldeten Flächen über 70 % des künstlich erzeugten Starkregens sofort oberflächlich zu Tal.

defläche lässt dagegen nur rund 20 Liter eindringen; höhere Niederschläge fließen also oberflächlich ab.

Nicht nur auf ebenen Lagen, auch auf steilen Hangflächen im Gebirge ist der Waldboden in der Lage, sehr viel Wasser aufzunehmen. Bei künstlichen Beregnungsversuchen im bayeri-



schen Alpenraum konnte nachgewiesen werden, daß in geschlossenen Waldgebieten über 90% der Niederschlagsmenge im Boden versickerte.

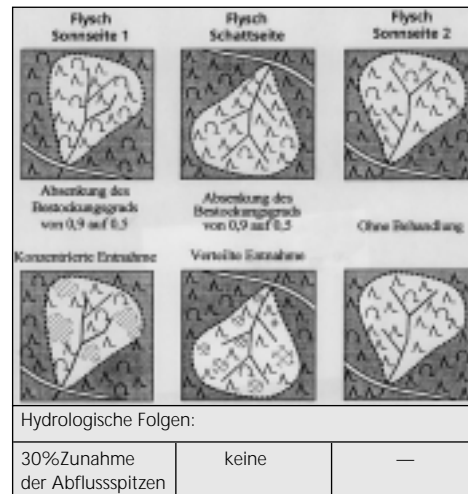
Es gibt allerdings Situationen, in denen auch der Waldboden bei Starkregenfällen kaum mehr Wasser aufnehmen kann; dies ist dann der Fall, wenn die Wasserspeicher des Bodens bereits durch vorhergehende Niederschläge oder die Schneeschmelze gefüllt sind oder wenn gefrorener Boden die Versickerung behindert.

Viel Wald – weniger Hochwasser

Weltbekannt ist das Schweizer Emmental nicht nur für seinen löchrigen Käse, sondern auch wegen seiner grundlegenden Untersuchungen über den Wasserabfluß in Waldgebieten. In zwei kleinen Seitentälern des Emmentals, dem Sperbelgraben (voll bewaldet) und dem Rappengraben (nur zu einem Drittel von Wald bedeckt) wird seit fast 100 Jahren der Wasserabfluß gemessen. Danach ist die Wassermenge, die jährlich aus dem dicht bewaldeten Sperbel-Tal abfließt durch die Verdunstungswirkung des Waldes deutlich geringer, als die aus dem waldärmeren Rappengraben. Bei starkem Regen ist der Sperbelgraben und sein Waldgebiet viel besser geeignet die gefährlichen Hochwasserspitzen zu verringern.

Wie wichtig es ist, geschlossene Waldgebiete im Einzugsbereich von Bächen und Flüssen zu erhalten, zeigt auch eine von der **Stiftung Wald in Not** geförderte Untersuchung aus dem bayerischen Alpenraum. Um 30 % erhöhten sich die Abflußspitzen an einem Meßpegel in einem kleinen Wassereinzugsgebiet in den

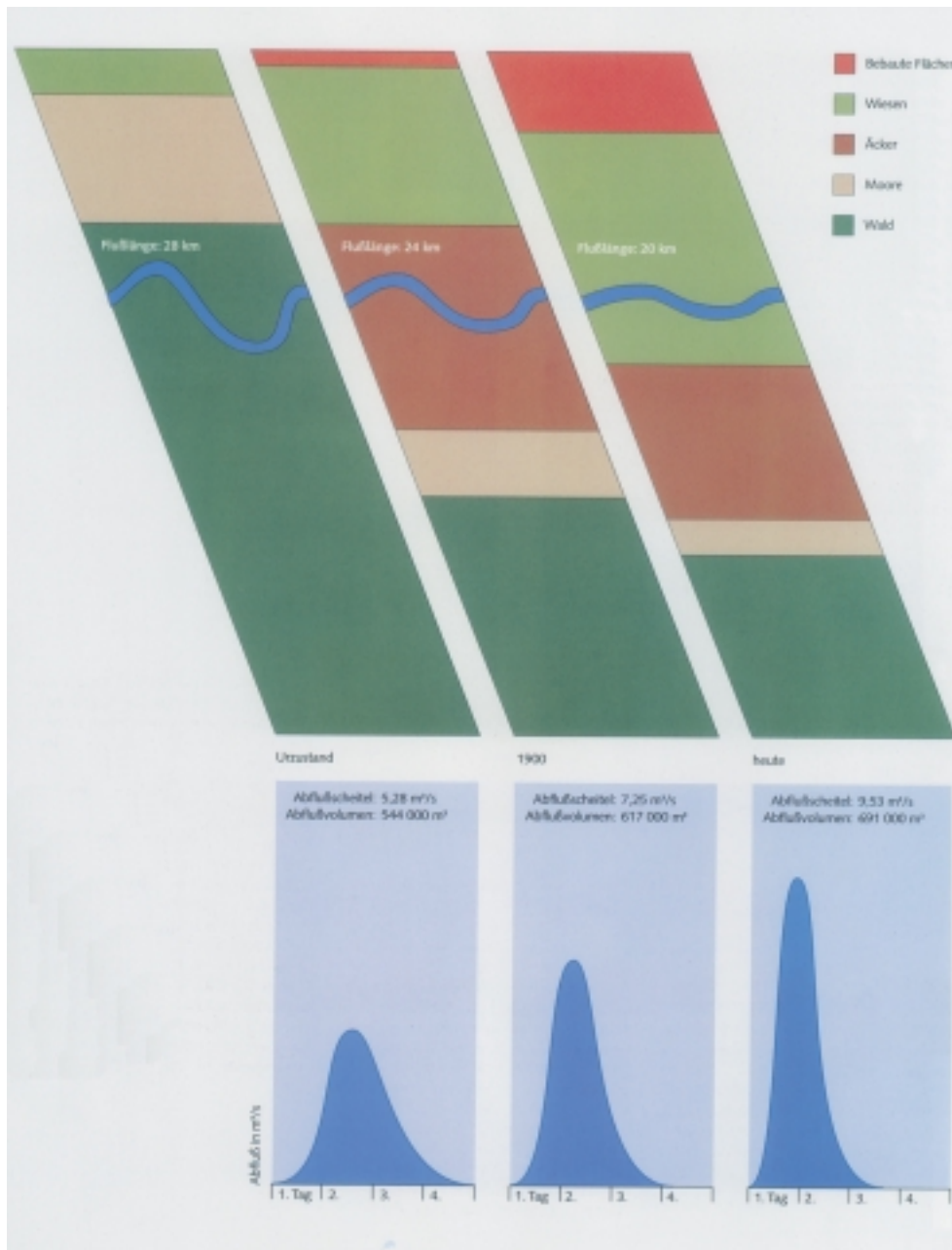
Tegernseer Bergen, nachdem in das ursprünglich geschlossene Waldgebiet einige größere Freiflächen geschlagen worden waren. Wurden dagegen auf einer Vergleichsfläche Ein-



Größere Löcher im Baumbestand, die durch Kahlhiebe, Windwurf, Schneeschäden oder die neuartigen Waldschäden entstanden sind, führen vor allem in den kleinen Wassereinzugsgebieten der alpinen Wildbäche sofort zu einer erheblichen Zunahme der Abflußspitzen.

zelbäume über das ganze Einzugsgebiet hinweg gefällt, dann wirkte sich diese schonende Holzentnahme nicht negativ auf das Abflußgeschehen aus.

Dort wo Wälder größere Teile ihrer Nadel- bzw. Blattmasse durch Luftschadstoffe verloren haben, nimmt die Fähigkeit der Bäume ab, durch Verdunstungsvorgänge einen Teil des Niederschlags wieder in die Atmosphäre zurückzubefördern. In Gebieten mit einem besonders hohen Anteil an abgestorbenen und geschädigten Bäumen wie z.B. dem bayerischen Alpenraum oder dem Bayerischen Wald wirkt sich die Verlichtung der Wälder direkt



Große Waldflächen wurden im Laufe der Jahrhunderte im Einzugsgebiet der Attel in Wiesen und Ackerland umgewandelt, Moorflächen trockengelegt und der ursprünglich in vielen Windungen dahinfließende Flusslauf verkürzt, tiefergelegt und begradigt. Wie eine Modellrechnung zeigt, bewirkt heute ein 5-jährliches Regenereignis – im Vergleich zum Urzustand – einen 40 bis 60 % höheren Spitzenabfluß. Für die am Unterlauf des Flusses lebenden Menschen, die das Wasser nun höher und schneller erreicht, nahm die Überschwemmungsgefahr erheblich zu.

auf die Wasserzufuhr der Bäche und Flüsse aus.

Nicht nur auf steilen Hanglagen, auch im Flachland bedeutet der Verlust von Waldflächen eine Zunahme des Oberflächenabflusses. So zeigt sich am Beispiel des mit 76 Quadratkilometern kleinen Einzugsgebiets der Attel, wie

die allmähliche Umwandlung von Wald in Wiesen und Ackerflächen die Überschwemmungsgefahr für die Talräume erhöhte.

Wasser und Erosion

Je schneller und je mehr Wasser oberflächlich abfließt, um so größer ist auch seine erodie-

Die steilen Hangflanken des Lainbachtals bei Benediktbeuern werden von schluffreichen Schuttmassen bedeckt, die während der letzten Eiszeit abgelagert wurden. Fehlt der schützende Wald entstehen Bodenwunden, die den Ausgangspunkt für die erodierende Wirkung des Regenwassers darstellen.
Photo: Mößner





rende Kraft. Besonders gravierend wirken sich Starkregenfälle im Hochgebirge aus: Rutschungen, tief eingegrabenen Erosionsrinnen und Muren sind oft die Folgen.

Ganze Hangteile können abrutschen, wenn sich das Regenwasser im Oberboden über einer undurchlässigen Schicht staut. Vor allem ton- und schluffreiche Gesteinszonen wie der Flysch oder die mächtigen, in der letzten Eiszeit in einigen alpinen Seitentälern entstandenen

Ganze Baumstämme, Wurzelstöcke und Astwerk kann ein Fluss bei Hochwasser mit sich reißen. Blockiert das Wildholz Brücken und andere Engstellen, können große Schäden entstehen. Instabile Bäume am Gewässerrand sollten daher rechtzeitig entfernt werden.
Photo: Wasserwirtschaftsamt Weilheim

Hangschuttdecken sind bei anhaltenden Niederschlägen durch *Rutschungen* gefährdet. Durch die tief in den Boden hineinreichende Wasser-Pumpwirkung dicht geschlossener, tannenreicher Wälder lassen sich Rutschungen oft verhindern.

In schuttreichen Einzugsgebieten von Wildbächen können außergewöhnlich starke Niederschläge dazu führen, daß der Bach seine Sohle aufreißt, Böschungsfüße unterwühlt und Schuttmassen, Felsblöcke und Baumstämme mit sich reißt. Die als *Muren* bezeichneten Schlamm- und Geröllmassen bedrohen Häuser und Straßen. Dichte Wälder im Einzugsgebiet eines Wildbachs verhindern das Abspülen und Rutschen der Schuttmassen an den Hangflan-

ken und verringern dadurch die Vermurungsgefahr.

Den besten Schutz vor Hochwasser und Erosionen bietet ein Wald dann, wenn sein Kronendach stets dicht geschlossen ist. Auf kleinster Fläche finden sich in einem solchen Schutzwald dicke Bäume neben Stämmen mittlerer Durchmesser und Laubhölzer neben Nadelbäumen. Wird ein Altbaum mit seiner mächtigen Krone durch einen Blitzschlag oder



Im Plenterwald stehen die jungen Bäume bereits in „Warteposition“ unter den Alten, so daß eine ununterbrochene Schutzwirkung des Waldbestandes gewährleistet ist.

Photo: Meister

Windwurf gefällt, dann stehen am Waldboden bereits junge Bäume im „Wartestand“ bereit, die nun genügend Licht bekommen, um wachsen zu können. Um Hochwassergefahren und Bodenerosion zu verhindern, müssen Forstleute und Waldbauern insbesondere in den Einzugsgebieten der Wildbäche dafür sorgen, daß größere Kahlfächen bei Ausbleiben der natürlichen Verjüngung sofort wieder mit jungen Bäumen bepflanzt werden. Unter

den Baumarten im Wasser- und Erosionsschutzwald kommt neben dem Laubholz vor allem der Tanne eine besondere Bedeutung zu. Sie dringt mit ihrer arttypischen Pfahlwurzel noch tief in solche Bodenhorizonte vor, die sich die Wurzeln z. B. von Fichten und Buchen nicht mehr erschließen können. So gelangt das Sickerwasser tiefer in den Boden und kann verzögert abfließen.

Wald ist der beste Schutz vor Hochwasser und Erosion. Das tiefreichende Wurzelwerk der Bäume hält in rutschgefährdeten Gebieten den Boden fest. Durch die Verdunstung der Bäume und die Speicherwirkung des Waldbodens wird die Erosionsgefahr bei starken Niederschlägen wirkungsvoll verringert.

